664 N.15
Lane Medical Library
189

Studien über indirekte Beleuchtung.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde in der Medicin und Chirurgie,

welche

mit Genehmigung der hohen medicinischen Fakultät

der

vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

zugleich mit den Thesen

Donnerstag, den 27. April 1893, Mittags 12 Uhr

öffentlich vertheidigen wird

Friedrich Pelzer
approb. Arzt
aus **Kuhlhausen** (Regierungsbez. Magdeburg).

Referent: Herr Prof. Dr. **Renk**.

Opponenten:
Herr cand. med. **Linke.**
Herr cand. med. **Höhne.**

Halle a. S.,
Hofbuchdruckerei von C. A. Kaemmerer & Co.
1893.

Imprimatur

Prof. Dr. Harnack

h. t. Decanus.

Seiner lieben Mutter

in Dankbarkeit.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153703_0298

Während des Sommersemesters 1891 und im Wintersemester 1891/92 hatte Dr. Menning im Hörsaal des hiesigen hygienischen Institutes Untersuchungen über die Vorteile der indirekten Beleuchtung gegenüber der direkten angestellt. Die Resultate dieser sind in seiner Inaugural-Dissertation, betitelt: „Über indirekte Beleuchtung“ und im Gesundheits-Ingenieur[1]) niedergelegt.

Zur Herstellung einer indirekten Beleuchtung hatte der Direktor des hygienischen-Instituts Professor Dr. Renk nacheinander drei Arten von Reflectoren versucht, nämlich solche aus Metall, aus weissem Papier und aus Milchglas. Letztere beiden bestanden also aus Stoffen, die für direkte Strahlen teilweise durchgängig waren, während Metall total undurchlässig ist.

Die Papierschirme erwiesen sich in der Folge für weitere Verwendung bald als unbrauchbar, da sich das Papier unter der Einwirkung der strahlenden Wärme bräunte und dadurch weniger reflexionsfähig und durchgängig wurde.

Die schliesslich definitiv belassenen Reflectoren aus Milchglas sind unter den vier den Hörsaal erleuchtenden Regenerativbrennern so angebracht, dass von keinem Platze im Raume aus die Flammen direkt

1) Gesundheits-Ingenieur B. XV 1892 No. 9.

gesehen werden können; die Lichtstrahlen gelangen durch Reflexion nach der weiss getünchten Decke und den ganz hell bemalten Wänden, oder durch das Milchglas hindurch in allen Fällen aber diffus gemacht auf die Arbeitsplätze.

Menning hatte sich nun die Aufgabe gestellt, die Helligkeiten auf den Subsellien des Hörsaales zu messen, und an der Hand der Durchschnittswerte, sowie der Extreme zwischen hellstem und dunkelstem Platze die drei Arten der indirekten Beleuchtung unter sich und mit der direkten Beleuchtung zu vergleichen.

Nach einer auf Seite 26 seiner Dissertation aufgeführten Tabelle ergaben sich als Durchschnittshelligkeiten für den einzelnen Platz bei den verschiedenen Beleuchtungsarten folgende Werte:

Bei direkter Beleuchtung 27.05 M. K.[1]), bei Verwendung von Metallschirmen 10.76 M. K. und bei Anwendung von Glasreflectoren 17,48 M. K.

Es waren also bei Metallschirmen 60.2% und bei Glasschirmen 35.4% an Helligkeit gegenüber der direkten Beleuchtung verloren gegangen.

Auf Grund seiner Untersuchungen kam Menning gleichwohl zu dem Resultate, dass die indirekte Beleuchtung unbedingt den Vorzug von der direkten verdient, vorausgesetzt, dass in jedem Falle die erforderliche Lichtmenge von mindestens 10 M. K. auf jedem Platze erzielt wird.

Die Vorteile der indirekten Beleuchtung sind kurz folgende:

1) die Unmöglichkeit, direkt in den Flammen zu sehen,

2) das Fehlen von störenden Schatten auf den einzelnen Plätzen,

3) das Fehlen von Reflexen an den Wandtafeln,

4) die Beseitigung der strahlenden Wärme, welche bei direkter Beleuchtung mit Regenerativbrennern den unmittelbar unter den Lampen Sitzenden vielfach sehr lästig geworden war,

1) Meterkerzen.

5). die ausserordentlich gleichmässige Verteilung des Lichtes.

Menning war vorsichtig genug, bei Abschluss seiner Arbeit die Arbeiten über indirekte Beleuchtung als noch nicht abgeschlossen anzuerkennen.

Vor allem lag die Frage nahe, ob nicht auf eine oder die andere Weise bei der Herstellung der indirekten Beleuchtung es ermöglicht werden könnte, den Verlust an Helligkeit gegenüber der direkten Beleuchtung noch weiter herabzumindern etwa durch Änderungen in der Höhe der Beleuchtungskörper im Raume. Hierüber Versuche anzustellen habe ich, veranlasst durch Herrn Prof. Renk, Gelegenheit gehabt, und zwar wie Menning im Hörsaale des hygienischen Institutes.

Die Einrichtungen des Auditoriums waren ganz dieselben geblieben wie bei den letzten Messungen Mennings. Aus diesen Grunde glaube ich auch eine nähere Beschreibung derselben übergehen zu können und verweise daher nur auf den beiliegenden Grundriss des Hörsaales und auf Seite 12, 13, 18 und 20 der Dissertation Menning's.

Bei den Versuchen meines Vorgängers hatten die im Hörsaale befindlichen Regenerativbrenner (System Butzke) stets in der gleichen Höhe gehangen. Ich stellte mir die Aufgabe zu untersuchen, ob Höher- oder Tieferhängen der Lampen, und welchen Einfluss dies bei den verschiedenen Beleuchtungsarten haben würde. Für direkte Beleuchtung lag die Sache von vorne herein klar; da bei ihr die Lichtstrahlen ohne Weiteres zu den unter ihnen befindlichen Tischplatten gelangen können, so muss natürlich durch Höher- und Tieferhängen Lampen, die dort verbreitete Helligkeit vermindert oder vermehrt werden. Denn nach bekannten physikalischen Gesetz nimmt die von einem leuchtenden Körper ausgehende Lichtintensität mit dem Quadrat der Entfernung ab.

Für die Praxis folgt allerdings daraus noch lange nicht, dass man nun, kennt man einmal die von einer Lampe aus

gewisser Höhe verbreitete Helligkeit für den einzelnen Platz, bei einem höheren oder tieferen Stand derselben die geänderte Helligkeit berechnen könnte, denn für die auf einem Platze hervorgebrachte Helligkeit kommen nicht nur die von den Lampen direkt ausgehenden Strahlen als wirksam in Betracht, sondern auch die von den Wänden und anderen Gegenständen besonders solchen von heller Farbe reflectierten, indirekten. Es lässt sich daher auch der Grad der verschiedenen Helligkeit auf dem einzelnen Platz in jedem einzelnen Falle nur durch direkte Messung mit dem Weber'schen Photometer bestimmen.

Bei direkter Beleuchtung kann erst recht nicht die Rede davon sein, durch Rechnung die durch Änderungen in der Höhe der Lampen erzielte Änderung der Helligkeit finden zu wollen, doch lässt sich erwarten, dass bei dieser Beleuchtungsart nach genannten physikalischem Gesetz durch Höherrücken der Brenner, ein gröserer Helligkeitseffekt zu erzielen sein wird; denn durch das Hochstellen der Lampen wird der Weg, den die Strahlen vom Reflector bis zur Decke durchwandern müssen verkürzt, während die Strecke von der Decke bis zu den Subsellien in beiden Fällen derselbe bleibt.

Bei den Versuchen, welche ich zur Lösung dieser Frage anstellte, verfuhr ich so, wie es Menning gethan hatte. Ich stellte also nicht auf allen Plätzen des Hörsaales Messungen an, sondern nur auf 20 und zwar auf sämtlichen Eckplätzen der vorhandenen sieben Bänke, sowie auf der Mitte der 1. 3. 5. und 7. Bank, ferner auf den beiden Eckplätzen des Experimentiertisches. Denn es hatte sich gezeigt, dass man bei 20 Messungen annährend dasselbe Durchschnittsresultat erhält, als bei Untersuchung aller Plätze.

Im ganzen stellte ich drei Reihen von Messungen an. Anfangs hingen die Lampen in mittlerer Höhe, wie ich sie vorfand, im Durchschnitt 3,01 m vom Fussboden entfernt.

Auf die Resultate der Messung bei diesem Mittelstand der Lampen gehe ich hier nicht näher ein, da mir die Resultate der beiden anderen Versuchsreihen, wo die Lampen extrem hoch, resp. extrem tief hingen, instructiver zu sein scheinen.

Es sei mir nur gestattet, hier kurz die Durchschnittswerte für diesen mittleren Lampenstand, welche ich bei den zwei Messungen für jede Beleuchtungsart erhielt, zu erwähnen.

Bei der direkten Beleuchtung fand sich eine durchschnittliche Helligkeit für den Platz von 24,28 M. K. bei den beiden indirekten Arten und zwar bei der durch Glasreflektoren hergesteliten ein Durchschnittswert von 16,76 Mk. bei der durch Metallschirme von 8,65 M. K. Ich bin also bei diesen Messungen zu etwas geringeren Werten gelangt, wie ein Vergleich mit den bereits oben angeführten Resultaten Mennings zeigt: die Differenzen erklären sich einfach dadurch, dass ich zu anderer Tageszeit arbeitete, wie mein Vorgänger.

Bei den Versuchen Mennings hatte sich gezeigt, dass der Gasdruck und die Leuchtkraft des hallenser Gases im Laufe des Tages ziemlichen Schwankungen unterworfen sind. Durch einen Tag lang fortgesetzte Beobachtung eines Manometers fand ich die Zeit von 9 Uhr Vormittags bis 6 Uhr Nachmittags als am meisten für Messungen geeignet, da während dieser Dauer des Manometer am wenigsten schwankte. Meine Untersuchungen fielen daher in die Zeit geringeren Gasdruckes, während Menning Abends bei höherem Drucke gearbeitet hatte.

Nach diesen Messungen wurden nun zunächst die Lampen möglichst tief gesetzt, etwa 0,5 m tiefer, als sie bei den vorigen Messungen gehangen hatten, so dass die Flammen nur noch 2,52 m vom Fussboden entfernt waren. Die Brenner noch tiefer zu setzen war wegen der bei direkter Beleuchtung von denselben ausgehenden strahlenden Wärme nicht möglich.

Bei diesen Lampenstande mass ich nun die jedesmal erlangte Helligkeit auf den oben genannten 20 Plätzen und zwar zunächst bei direkter Beleuchtung, dann bei den vermittelst Metall- und Glasreflektoren hergestellten indirekten Arten. Vorsichtshalber wiederholte ich die einzelnen Versuchsreihen unter möglichst gleichen Bedingungen und wenn irgend möglich, unmittelbar hinter einander, um so auch die Einflüsse von Seite der Druckänderungen und schwankender Leuchtkraft des Gases zu eliminiren.

In beifolgender Tabelle sind die Resultate dieser Versuchsreihe zusammengestellt.

Tabelle I.

Mittlere Helligkeit beim Lampentiefstand.

Versuchsreihe.	Direkte Beleuchtung.	Indirekte Beleuchtung	
		Metallschirme.	Glasschirme.
	M. K.	M. K.	M. K.
A	26.63	9.57	18.15
B	28.44	8.40	18.00
C	28.46	9.11	17.71
D	29.59	9.25	16.07
E	31.97	8.12	17.41
F	—	8.45	—
Durchschnitt	29.02	8.82	17.47

Ebenso sind in Tabelle II die Ergebnisse meiner Messungen beim Hochstand der Lampen zusammengestellt. Die Brenner befanden sich nunmehr 3,31 m über den Fussboden, standen also um 80 cm höher als bei den vorigen Untersuchungen und hingen hiermit in der grössten Nähe der Decke. Eine weitere Annäherung an letztere als bis auf 35 cm war nicht gut thunlich, da schon in dieser Höhe die Lampen infolge des jetzt stärkeren Zuges der Ventilationsrohre über ihnen leicht mit russender Flamme brannten, wenn draussen eine ungünstige Windrichtung herrschte.

Tabelle II.

Mittlere Helligkeit beim Hochstand der Lampen.

Versuchsreihe.	Direkte Beleuchtung.	Indirekte Beleuchtung	
		Metallschirme	Glasschirme.
	M. K.	M. K.	M. K.
G	24.05	9.51	14.93
H	21.77	9.39	15.15
J	25.80	9.18	15.33
K	24.61	9.05	—
Durchschn.	24.06	9.28	15.14.

Der Übersicht halber stelle ich in Tabelle III die Durchschnittswerte für Hoch- und Tiefstand aus Tab. I und II zusammen.

Tabelle III.

Durchschnittliche mittlere Helligkeiten bei Hoch- und Tiefstand der Lampen.

	Direkte Beleuchtung.	Indirekte Beleuchtung.	
		Metallschirme.	Glasschirme.
	M. K.	M. K.	M. K.
Tiefstand	29.02	8.82	17.47
Hochstand	24.06	9.28	15.14
Differenz	—4.96	+ 0.46	—2.33

Es wird daraus vor Allem ersichtlich, dass die gemachten Voraussetzungen richtig waren. Die Höherstellung der Lampen hatte bei indirekter Beleuchtung einen Verlust

an Helligkeit auf den Tischen zur Folge, während bei der reinen indirekten Beleuchtung mit Metallreflektoren die Helligkeit grösser wurde. Da die indirekte Beleuchtung unter Verwendung von Milchglasreflektoren sich der direkten in Bezug auf ihr Verhalten näherte, fand ich hierin eine neue Bestätigung dafür, dass diese Art ein Gemisch aus indirekter und direkter Beleuchtung darstellt.

Berechnet man die Grösse der Veränderung der Helligkeit in Procenten, so macht es natürlich einen Unterschied, ob man von Tiefstand zu Hochstand übergeht oder umgekehrt. Im ersteren Falle erhalten wir für die direkte Beleuchtung einen Verlust von 17,09%
für indirekteBeleuchtung mit Glasschirmen einen solchen von 13,33%
für die mit Metallreflektoren dagegen einen Zuwachs von 5,22%.

Umgekehrt ergab die Tiefersetzung der Lampen bei direkter Beleuchtung einen Gewinn an Helligkeit von 20,61%
für die Milchglasschirme einen solchen von 15,38%
und für die Metallschirme einen Verlust von 4,96%

Es sind dies Änderungen, die wir bei grösserer Helligkeit kaum wahrnehmen, die aber sehr ins Gewicht fallen, wenn die Helligkeit, um die es sich handelt, an der Grenze des Zulässigen, also in der Nähe von 10 M. K. liegt.

Die Versuche lehren, dass unter Umständen eine Beleuchtung eines Schulsaales gebessert werden kann, nur durch Änderungen des Abstandes der Flammen von den zu beleuchtenden Flächen, dass aber bei reiner indirekter Beleuchtung dies eher zu erreichen ist durch Vergrösserung des Abstandes, während bei direkter oder gemischter Beleuchtung nur eine Annäherung der Beleuchtungskörper einen solchen Effekt haben kann. Denkbar ist es übrigens, dass ein Material zur Herstellung der Reflektoren für indirekte Beleuchtung sich finden liesse, bei dessen An-

wendung die Höhe der Flammen vollkommen gleichgiltig wäre, man müsste nur etwas weniger durchlässiges Milchglas wählen, als das im Hörsaale des hygienischen Institutes angewendete, um so der reinen indirekten Beleuchtung mit Metallschirmen näher zu kommen, allerdings geschähe dies nur auf Kosten der Helligkeit.

Nach den vorausgehenden Versuchen haben natürlich die Verhältnisszahlen zwischen direkter und indirekter Beleuchtung Änderungen erfahren, deren Grösse aus der folgenden Tabelle ersichtlicht wird.

Tabelle IV.

Helligkeit und Verlust an Helligkeit bei indirekter Beleuchtung gegenüber direkter.

	Direkte Beleuchtung.	Indirekte Beleuchtung			
		Metallschirme.		Milchglasschirme.	
	M. K.	M. K.	Verlust	M K.	Verlust
Bei Tiefstand	29.02	8.82	69 6%	17.47	39.8%
Bei Hochstand	24.06	9.28	61.4%	15.14	37.1%

Die Unterschiede im Verluste bei Hoch- und Tiefstand der Lampen sind nicht unerheblich, sie lassen erkennen, dass es bei vergleichenden Messungen darauf ankommt, die Höhe der Beleuchtungskörper über der beleuchteten Fläche zu berücksichtigen Die gefundenen Verlustzahlen können immer nur für eine bestimmte Höhe gelten.

Immerhin wird man für die Praxis daran festhalten können, das Metallreflektoren etwa zwei Drittel, Reflektoren aus Milchglas etwas mehr als ein Drittel der Helligkeit

durch direkte Beleuchtung mit Regenerativbrennern absorbiren.

Ebenso wie der durchschnittlichen Helligkeit haben wir auch der Verteilung des Lichtes unsere Aufmerksamkeit zu widmen. In dieser Beziehung haben die vorstehend aufgeführten Versuche Folgendes ergeben.

In Tabelle V sind enthalten die in den einzelnen Versuchen gefundenen grössten und geringsten Helligkeiten und die Differenz daraus für direkte Beleuchtung bei Hochstand und Tiefstand.

Tabelle V.

Vertheilung der Helligkeit bei direkter Beleuchtung.

Tiefstand			Hochstand		
Hellster Platz	Dunkelster Platz	Differenz	Hellster Platz	Dunkelster Platz	Differenz
39.61	19.66	19.95	28.36	18.91	9.45
42.74	20.66	22.08	26.75	17.53	9.22
41.33	21.52	19.81	29.40	21.31	8.09
44.44	22.41	22.03	28.70	20.66	8.04
50 22	24.19	26.03	—	—	—
43.67	21.69	21.98	28.30	19.60	8.70
Mittel.			Mittel.		

Es geht daraus hervor, dass wie zu erwarten, mit Höherstellung der Lampen zwar ein Verlust an Helligkeit, dafür aber eine gleichmässigere Verteilung der Helligkeit erreicht wird. Zwar sind sowohl hellste wie dunkelste Plätze bei Hochstand absolut dunkler, als bei Tiefstand, allein die Differenz zwischen best- und schlechtest beleuchteten Platze ist geringer geworden, im Durchschnitte beträgt sie 8.7 M. K. gegenüber 21.98 M. K. bei Tiefstand

In gleicher Weise finden sich in Tabelle VI die Helligkeiten der hellsten und dunkelsten Plätze bei indirekter Beleuchtung mit Milchglasschirmen bei Hochstand und Tiefstand zusammengestellt.

Tabelle VI.

Vertheilung der Helligkeit bei indirekter Beleuchtung mit Milchglasschirmen.

Tiefstand			Hochstand		
Hellster Platz	Dunkelster Platz	Differenz	Hellster Platz	Dunkelster Platz	Differenz
27 28	12.95	14.33	18.39	11.89	6.50
27.70	13.06	14.64	19.28	11.54	7.74
27.28	11.54	15.74	18.72	12.85	5.87
25.29	11.62	13.67	—	—	—
28.70	11.71	16.99	—	—	—
27.25	12.18	15.07	18.80	12.09	6.71
	Mittel.			Mittel.	

Somit zeigte sich auch hier das gleiche Verhältnis wie bei der direkten Beleuchtung, Verminderung der Helligkeit bei Hochstand, aber dafür gleichmässigere Verteilung des Lichtes.

Ein Unterschied nur tritt hier deutlich hervor, dass nämlich die dunkelsten Plätze im Durchschnitt durch Verrücken der Lampen nach oben kaum dunkler wurden (12.09 M. K. gegen 12.18 M. K.), doch dürfte dieses Ergebnis ein rein zufälliges sein, denn in 2 von den 3 aufgeführten Versuchen bei Hochstand blieb eben doch die Helligkeit des dunkelsten Platzes hinter der durchschnittlichen Helligkeit des dunkelsten Platzes bei Tiefstand zurück. Vermutlich

brannte im dritten Versuche einer der Regenerativbrenner etwas heller als sonst.

Da bei der indirekten Beleuchtung mit Metallreflektoren an und für sich die Extreme sehr nahe beisammen liegen, so unterlasse ich es, für diese Beleuchtungsart die ganze Tabelle mit sämtlichen bezüglichen Zahlen aufzuführen, begnüge mich vielmehr damit, die gefundenen Mittelwerte anzugeben.

Beim Tiefstand betrug die durchschnittliche Differenz 2.05 M K. gegen 2 32 M. K. beim Hochstand. Beide Zahlen weichen nur so wenig von einander ab, dass man kaum von einer erheblichen Änderung der Lichtverteilung wird sprechen können, wie ja auch die mittlere Helligkeit durch das Höherrücken der Lampen nicht wesentlich beeinflusst wurde.

Ein nicht minder wichtiges Moment als die gleichmässige Verteilung des Lichtes ist für die Güte und Brauchbarkeit einer Schulbeleuchtung die mehr oder weniger intensive Schattenbildung; denn die Herabminderung der Helligkeit auf den einzelnen Plätzen durch den Schatten des menschlichen Körpers oder anderer Gegenstände kann eine sehr grosse sein. So konstatirte z. B. Dr. Bubnoff[1]) im hygienischen Institut zu Moskau Helligkeitsverluste im Schatten bis zu 82% der ursprünglichen Lichtintensität.

Um auch nach dieser Seite hin über die drei in Betracht kommenden Beleuchtungarten nähere Zahlenwerte zu erhalten, habe ich auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Renk auch diesbezügliche messende Versuche angestellt,

1) Zeitschrift für Schulgesundheitspflege 1888.

indem ich als schattenwerfenden Körper stets eine quadratförmige Pappscheibe (21 × 21 cm) benutzte Dieselbe war an einen Stativ horizontal in einer Höhe von 35 cm über dem Tische befestigt und trug in der Mitte ein Lot. Bei meinen Messungen wurde dieselbe stets so aufgestellt, dass ihre Diagonale parallel der Kante der das Photometer tragenden Holztafel lief, und die Mitte der Platte sich senkrecht über der Mitte des Gesichtsfeldes befand, auf welches gerade der bewegliche Tubus des Photometers eingestellt war; diese Stellung wurde immer genau durch das eben erwähnte Lot angezeigt.

Die folgenden Tabellen VII—XIII enthalten die gefundenen Werte.

Tabelle VII.

Lichtverluste im Schatten bei direkter Beleuchtung und Lampentiefstand.

Ort der Messung.	Ohne Schatten M. K.	Im Schatten M. K.	Verlust M. K.	Verlust %
Rechter Eckplatz 1. Bank	29,40	21.75	7.65	26.0
„ „ 3. „	24.19	22.91	1.28	5.3
„ „ 5. „	37.86	17.86	20.00	52.8
„ „ 7. „	22.41	21.09	1.32	5.9
Mitte 1. „	29.04	28.17	0.87	3.0
„ 3. „	25.29	23.43	1.86	7.3
„ 5. „	30.12	27.06	3.06	10.2
„ 7. „	22.66	22.41	0 25	1.1
Linker Eckplatz 1. „	35.06	22.41	12.65	36.1
„ „ 3. „	23.93	22.19	1.74	7.3
„ „ 5. „	32.45	19 09	13.36	41.2
„ „ 7. „	22.66	22.41	0.25	1.1
Experimentiertisch rechts	43.16	20.25	22 91	53.1
„ „ links	44.44	20.05	24.39	54.9
Mittel	30.19	22.22	7.97	26.3

Betrachtet man Tabelle VII für sich allein, so zeigt sich zunächst, dass die grössten Lichtverluste auf dem Experimentiertische und auf den Eckplätzen der 1. und 5. Bank vorkamen, ein Blick auf die beiliegende Tafel lässt erkennen, dass die betreffenden Plätze fast unmittelbar unter den Regenerativbrennern liegen.

Auf ihnen deckte jeweilig der schattenwerfende Schirm eine Flamme vollständig oder wenigstens zum grössten Teile ab, während die übrigen Plätze unter sonst gleichen Verhältnissen von allen 4 Flammen Licht erhielten. Der Umstand, dass die beiden Plätze auf dem Experimentiertische mehr Lichtverlust aufweisen als die analogen Eckplätze auf der 1. Bank, findet seine Erklärung in der grösseren Höhe des Experimentiertisches; sie übertrifft die der Subsellien um 30 cm.

Tabelle VIII.

Lichtverlust im Schatten bei der direkten Beleuchtung und Lampenhochstand.

Ort der Messung.	Ohne Schatten M. K.	Im Schatten M. K.	Verlust M. K.	Verlust %
Rechter Eckplatz 1. Bank	24.73	16.73	8.00	32.3
„ „ 3. „	23.43	23.43	0.00	0
„ „ 5. „	28.03	16.29	11.74	41.8
„ „ 7. „	22.41	19.85	2.56	11.4
Mitte 1. „	25.00	23.68	1.32	5.3
„ 3. „	24.45	24.45	0.00	0
„ 5. „	25.86	23.43	2.43	9.4
„ 7. „	22.41	22.41	0.00	0
Linker Eckplatz 1. „	25.29	15 05	10.24	40.5
„ „ 3. „	22.91	22.66	0.25	1.1
„ „ 5 „	23.93	15.86	8.07	33.7
„ „ 7. „	20.66	19.46	1.20	5.8
Experimentiertisch rechts	28.36	15.74	12 62	44.5
„ „ links	28 70	16.73	11.97	41.7
Mittel	24.73	19.70	5.03	20.3

Auch in Tabelle VIII treten die gleichen Verhältnisse wieder hervor, wie bei Tiefstand der Lampen, grösste Lichtverluste im Schatten auf dem Experimentirtische und erster und fünfter Bank, auf ersterem wieder die grössten bis zu 44.5% der ursprünglichen Helligkeit.

Vergleicht man Tabelle VII und VIII an der Hand der Durchschnittswerte, so ist der Verlust an Helligkeit grösser bei Tiefstand, analog dem verschiedenen Verhalten von Experiementirtisch und erster Bank in beiden Versuchsreihen. Er beträgt im Mittel

bei Hochstand 20.3%
bei Tiefstand 26.3%

Was aber für den Durchschnitt gilt, gilt nicht auch für alle Plätze, wie das Verhalten der Eckplätze auf erster und letzter Bank zeigt.

Ich lasse zunächst die Ergebnisse der Schattenversuche bei indirekter Beleuchtung mit Glasreflektoren folgen, dieselben sind in Tabelle IX und X enthalten.

Tabelle IX.

Lichtverluste im Schatten bei indirekter Beleuchtungsart, hergestellt durch Glasschirme und bei Lampentiefstand.

Ort der Messung.	Ohne Schatten M. K.	Im Schatten M. K.	Verlust M. K.	Verlust %
Rechter Eckplatz 1. Bank	20.88	13.06	7.82	37.4
„ „ 3. „	14.54	13.39	1.15	7.9
„ „ 5. „	22.41	11.45	10.96	48.9
„ „ 7. „	13.17	11.54	1.63	12.3
Mitte 1. „	18.20	15 45	2.75	15.1
„ 3. „	14.18	13.28	0.90	6.3
„ 5. „	17.36	15.45	1.91	11.0
„ 7. „	13 72	12.66	1.06	7.7
Linker Eckplatz 1. „	20.46	14 79	5.67	27.7
„ „ 3. „	14.92	12.85	2.07	13.9
„ „ 5. „	18.20	10.61	7.59	41.7
„ „ 7. „	11.54	10.95	0.59	5.1
Experimentiertisch rechts	26.45	15.45	11.00	41.5
„ „ links	27.38	16.00	11.38	41.6
Mittel	18.10	13.35	4.75	26.2

Tabelle X.

Lichtverlust im Schatten bei indirekter Beleuchtung, hergestellt durch Glasschirme und bei Lampenhochstand.

Ort der Messung.	Ohne Schatten M. K.	Im Schatten M. K.	Verlust M. K.	Verlust %
Rechter Eckplatz 1. Bank	16.14	10.95	5.19	32.1
„ „ 3. „	15.05	13.50	1.55	10.3
„ „ 5. „	16.73	10.61	6.12	36.6
„ „ 7. „	12.95	11.37	1.58	12.2
Mitte 1. „	16.14	15.05	1.09	6.7
„ 3. „	14.67	14.54	0.13	0.9
„ 5. „	16.00	13.95	2.05	12.8
„ 7. „	13.61	12.66	0.95	6.9
Linker Eckplatz 1. „	16.73	11.28	5 45	32 6
„ „ 3. „	14.92	12.75	2.17	14 6
„ „ 5. „	15.08	10.33	4.75	31.5
„ „ 7. „	12.85	11.11	1.74	13.6
Experimentiertisch rechts	17.69	11.11	6.58	37.2
„ „ links	18.72	10.87	7.85	41.9
Mittel	15.52	13.15	3.37	21 7

Auch bei dieser Beleuchtungsart hatte die Höherstellung die gleichen Folgen wie bei der direkten Beleuchtung, d. h. der Lichtverlust durch Schattengebung erwies sich geringer bei Hochstand als bei Tiefstand; und zwar nicht nur im Durchschnitte, sondern in der Mehrzahl der einzelnen Fälle.

Wie in Tabelle VII und VIII treten auch in IX und X die Eckplätze des Experimentiertisches und dann die der ersten und fünften Bank auffallend hervor, und zwar aus dem gleichen Grunde wie dort, weil unterhalb der Lampen gelegen.

Vergleicht man anderseits den durchschnittlichen

Lichverlust bei beiden Beleuchtungsarten und gleicher Höhe der Lampen, so findet man folgende Zahlen:

	Hochstand	Tiefstand
Direkte Beleuchtung	20.3%	26.3%
Indireke „ mit Glasreflektoren	21.7%	26.2%

Diese Zahlen wirken weil fast identisch sehr überraschend, da der subjective Eindruck entschieden widerspricht.

Es ist ganz zweifellos, dass man bei direkter Beleuchtung intensivere Schatten beobachtet, als bei indirekter, ganz abgesehen von der grösseren Helligkeit bei jener. Die Durchschnittszahlen widersprechen aber auch dem Ergebnisse der Einzelbeobachtung auf den unmittelbar unter den Lampen befindlichen Plätzen Zieht man nämlich nur die Eckplätze auf der ersten und fünften Bank, dazu die Eckplätze auf dem Experimentiertische in Betracht, so erhält man andere Zahlen wie folgende Tabelle zeigt.

Tabelle XI.

Verlust an Helligkeit.

Ort der Messung.	Direkte Beleuchtung		Indirekte Beleuchtung	
	Tiefstand	Hochstand	Tiefstand	Hochstand
I. Bank rechts	26.0%	32.3%	37.4%	32.1%
V. „ „	52.8%	41.8%	48.9%	36.6%
I. „ links	36.1%	40.5%	27.7%	32.6%
V. „ „	41.2%	33.7%	41.7%	31.5%
Experimentiertisch rechts	53.1%	44.5%	41.5%	37.2%
„ „ links	54.9%	41.7%	41.6%	41.9%
Durchschnitt	44.0%	39.1%	39.8%	35.3%

Die Tabelle besagt, dass bei direkter Beleuchtung die Schatten thatsächlich etwas intensiver sind als bei indirekter, allein der Unterschied ist doch viel geringer,

als derjenige zu erwarten berechtigt ist, der die Verhältnisse mit eigenen Augen zu beurteilen in der Lage ist. Und dies erkläre ich mir schliesslich aus einem anderen Momente, welches auch für unser Auge nicht gleichgültig ist, nämlich aus der Beschaffenheit der Schattenränder; direkte Beleuchtung erzeugt Schatten mit scharfen Rändern, indirekte dagegen solche mit verschwommenen allmählig von der hellen zur dunklen Fläche überleitende, und darin liegt, wie auch Prof. Renk in seiner Abhandlung über die künstliche Beleuchtung von Hörsälen[1]) betont hat, ein Vorzug der indirekten Beleuchtung gegenüber der direkten. Besonders in einem Falle, wie er im hygienischen Institute hier vorliegt, wo vier Lichtquellen Licht spenden, ist es für das Auge nicht gleichgültig, ob es beim Lesen oder Schreiben auf eine weisse Fläche blickt, auf welcher vier scharf abgegrenzte Schatten, etwa des übergeneigten Kopfes, nebeneinanderliegen, das Auge also über scharf getrennte Flächen von verschiedener Beleuchtungsintensität gleiten muss, oder ob es bei indirekter Beleuchtung unter sonst ganz gleichen Verhältnissen von hell erleuchteten zu ganz allmälich dunkleren Partien gelenkt wird; der Übergang ist im ersten Falle beunruhigend, im letzteren nicht.

Ich komme endlich zu dem Ergebnisse der Schattenversuche bei reiner indirekter Beleuchtung mittelst Metallreflektoren.

Ich habe auch diese in 2 Tabellen XII und XIII zusammengestellt.

---

1) Programm der Universität Halle a. S. pro 1891.

Tabelle XII.

Lichtverlust im Schatten bei indirekter Beleuchtung, hergestellt durch Metallschirme und bei Lampentiefstand.

Ort der Messung.	Ohne Shatten M. K.	Im Schatten M. K.	Verlust M. K.	Verlust %
Rechter Eckplatz 1. Bank	8 43	7.20	1.23	14.6
„ „ 3. „	8.59	7.85	0.74	8.6
„ „ 5. „	8.43	7.45	0.98	11.6
„ „ 7. „	7.45	6.53	0.92	12.3
Mitte 1. „	9.25	8.18	1.07	11.6
„ 3. „	9.08	8.13	0.95	10.5
„ 5. „	8.75	7.85	0 90	10.3
„ 7. „	8.28	7.45	0.83	10.0
Linker Eckplatz 1. „	8.75	7.75	1.00	11.4
„ „ 3. „	8.91	7.85	1.06	11.9
„ „ 5. „	8.13	7.20	0.93	11.4
„ „ 7 „	7.08	6.08	1.00	14.1
Experimentiertisch rechts	8.59	7.45	1.14	13.3
„ „ links	8 75	7.71	1.04	11.9
Mittel	8.46	7.48	0.98	11.6

Tabelle XIII.

Lichtverlust im Schatten bei indirekter Beleuchtung, hergestellt durch Metallschirme und bei Lampenhochstand.

Ort der Messung.	Ohne Schatten M. K.	Im Schatten M. K.	Verlust M. K.	Verlust %
Rechter Eckplatz 1. Bank	9.08	8.43	0.65	7.2
„ „ 3. „	9.08	8.45	0.63	7.0
„ „ 5. „	9.25	7.71	1 54	16.7
„ „ 7. „	8 13	7.08	1.05	12.9
Mitte 1. „	10.20	8.91	1.29	12.6
„ 3. „	9.80	9.08	1.72	7.3
„ 5. „	9 43	8.28	1.15	12.2
„ 7. „	9.08	8.28	0.80	8.8
Linker Eckplatz 1. „	9 08	7.85	1.23	13.5
„ „ 3. „	9.25	8.75	0.50	5 4
„ „ 5. „	8.59	7.58	1.01	11.8
„ „ 7. „	7.58	6.13	1.45	19.1
Experimentiertisch rechts	9.62	7.99	1.63	16.9
„ „ links	9.62	7.99	1.63	16.9
Mittel	9.13	8.04	1.09	11.9

Das Hauptergebnis dieser beiden Tabellen ist zunächst der weit geringere Helligkeitsverlust verglichen mit den beiden vorher betrachteten Beleuchtungsarten (Tabelle VII, VIII, IX und X), es entspricht dies auch insofern dem subjectiven Eindrucke, als dieser eine nahezu vollständige Aufhebung der Schatten in einem indirekt beleuchteten Raume ergibt.

Auch treten die Unterschiede zwischen den unter den Lampen befindlichen Plätzen und den dazwischen liegenden bei weitem nicht so stark hervor, wie in jenen 4 Tabellen; und kommt endlich auch ein merklicher Unterschied zwischen Hochstand und Tiefstand nicht zur Beobachtung.

Aber auch das eine Moment, welches schon bei Betrachtung von Tabelle IX, X und XI betont wurde, welches sich nicht so einfach messen und in Zahlen ausdrücken lässt, ist bei den Versuchen mit Metallschirmen recht deutlich hervorgetreten, nämlich das Verwaschen der Schattenränder; der allmälige Übergang von hell zu dunkel; dass es hier bei Metallschirmen noch weit mehr als bei Glasreflektoren ins Gewicht fällt, geht aus den Durchschnittszahlen hervor, welche viel geringer sind als für die anderen beiden Beleuchtungsarten.

Fasse ich noch einmal kurz die Gesamtresultate meiner Untersuchungen zusammen, so hat sich für die direkte Beleuchtung durch das Höherstellen der Brenner eine Verschlechterung der mittleren Helligkeit, aber eine bessere Verteilung des Lichtes ergeben, auch sind durch den Hochstand der Lampen die Lichtverluste im Schatten deutlich herabgemindert worden. Bei der Verwendung von Glasschirmen liegen die Verhältnisse ganz ähnlich, nur sind die gefundenen Werte durchschnittlich kleiner, weil bei dieser Beleuchtungsart schon mehr indirekte Strahlen wirksam sind Jedenfalls zeigen die Versuche, dass sie der direkten näher steht als der rein indirekten, diese letztere dagegen hergestellt vermittelst Metallreflektoren, zeigt im Ganzen ein umgekehrtes Verhalten; Zunahme der erreichten Helligkeitsmenge durch Lampenhochstand, daneben eine wenn auch in verschwindendemMaase ungleichmässigere Verteilung des Lichtes und ganz geringe Erhöhung der Lichtverluste im Schatten.

Zum Schlusse meiner Arbeit erübrigt mir noch, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Renk, für die gütige Überlassung des Themas und für die freundlichen Anregungen bei meinen Versuchen meinen besten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Ich, Friedrich Pelzer, wurde geboren am 28. Dezember 1864 zu Kuhlhausen im Regierungsbezirk Magdeburg, wo mein Vater, evangelischer Confession, Landwirt war. Im Jahre 1880 bezog ich das Gymnasium zu Stendal und und absolvierte dasselbe Ostern 1887 mit dem Zeugnis der Reife, um mich dem Studium der Medicin zu widmen. Das Sommersemester 1887 studierte ich in Tübingen, darauf 4 Semester hier in Halle, wo ich im Mai 1889 das tentamen physicum bestand. Das Wintersemester 1889/90 verlebte ich in Berlin und kehrte dann nach Halle zurück, wo ich bis zum Staatsexamen, was ich am 1. April 1892 vollendete, verblieb. Am 9. Februar 1893 bestand ich das Rigorosum.

Während meiner Studiumzeit besuchte ich die Vorlesungen, Curse und Kliniken folgender Herren Professoren und Docenten:

In Tübingen:

Braun, Henke, Pfeffer.

In Berlin:

Lewinski.

In Halle.

Ackermann, v. Bramann, Bunge, Eberth, Graefe, Harnack, v. Herff, Hitzig, Kaltenbach, Kromeyer, Küssner, v. Mering, Oberst, Pott, Renk, Schwartze, Volhard, Weber.

Allen diesen Herren, seinen hochverehrten Lehrern, spricht der Verfasser seinen herzlichsten Dank aus.

Thesen.

I.

Bei hinreichender Lichtmenge hängen bei direkter Beleuchtung und bei indirekter Beleuchtung mittelst Glasschirmen die Lampen am besten möglichst hoch.

II.

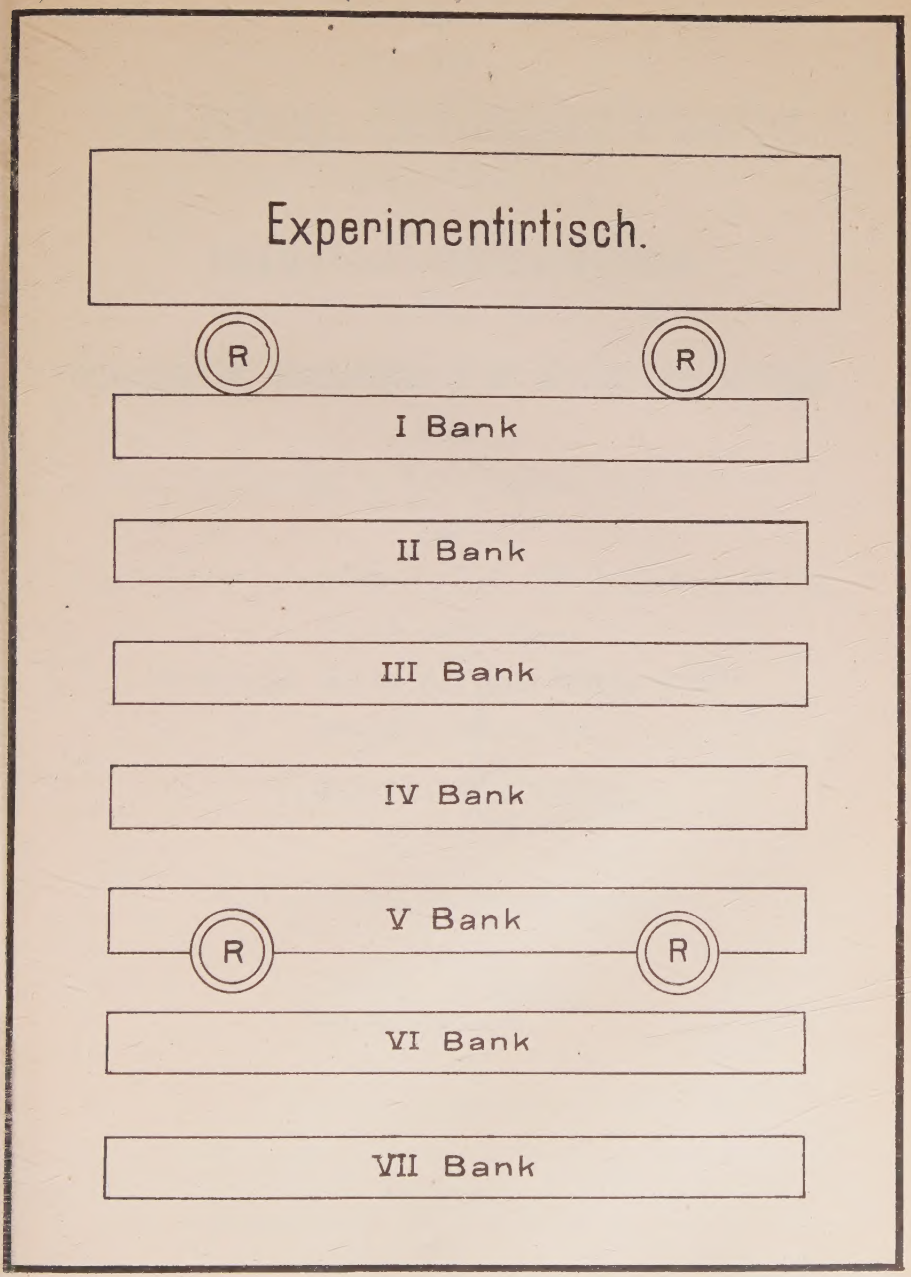
Bei Blutungen während der Geburt infolge von placenta praevia ist die Wendung auf die Füsse und das Herunterholen eines derselben der sicherste Weg zur Blutstillung.

III.

Bei Femurfracturen in den oberen $^2/_3$ ist die Behandlung durch permanente Extension am meisten zu empfehlen.

Hörsaal im hygienischen Institute.

Maasstab 1:50.



R= Regenerativbrenner.